نشریه علوم گیاهان زراعی ایران
دوره ۴۴، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۲ (ص۶۹۲-۶۸۳)

تجزیهٔ لاین × تستر برای صفات عملکرد و اجزای عملکرد در تعدادی از لاین‌های برنج

حمیدرضا قربانی[1*]، حبیب‌اله سمیع‌زاده لاهیجی[2]، بابک ربیعی[3] و مهرزاد اله‌قلی‌پور[4]
۱، ۲ و ۳، دانشجوی کارشناسی ارشد، استادیار و دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه گیلان،
۴، استادیار، مؤسسهٔ تحقیقات برنج کشور
(تاریخ دریافت: ۸۸/۵/۱۸ - تاریخ تصویب: ۹۰/۶/۶)

چکیده

به‌منظور برآورد اثر ژن و ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی لاین‌های والدینی با منشأ IRRI از طریق تجزیهٔ لاین × تستر، پنج رقم خالص (لاین) با چهار رقم بومی (تستر) در سال ۱۳۸۶ تلاقی داده شدند. نتاج حاصل به‌همراه نه والد، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۸۷ در مزرعهٔ تحقیقاتی مؤسسهٔ تحقیقات برنج کشور کشت و صفات عملکرد و اجزای آن اندازه‌گیری شد. نتایج تجزیهٔ واریانس نشان از تفاوت‌های بسیار معناداری بین ژنوتیپ‌ها در کلیهٔ صفات، به جز تعداد خوشه در بوته داشت. تجزیهٔ لاین × تستر نشان داد که اثر لاین‌ها در همهٔ صفات و نیز اثر تسترها در همهٔ صفات به جز تعداد دانه در خوشه، در سطح احتمال یک درصد معنادار بود. اثر متقابل لاین × تستر در کلیهٔ صفات به جز ارتفاع بوته، عرض برگ پرچم و طول دانه معنادار بود که نشان‌دهندهٔ واکنش متفاوت لاین‌ها در ترکیب با تسترهای مختلف است. لاین PR 27137-CR 153، بیشترین ترکیب‌پذیری عمومی، و تلاقی حسنی × IR 73688-57-2، بیشترین ترکیب‌پذیری خصوصی و معنادار را دارا بودند. سهم واریانس افزایشی و غیرافزایشی در تنوع صفات یکسان نبود. وراثت‌پذیری خصوصی بیشتر صفات بررسی‌شده، ضعیف بود، به‌طوری‌که احتمال گزینش لاین‌هایی که دارای ژن‌هایی با تأثیرات افزایشی مطلوب باشند، اندک بود. بیشترین وراثت‌پذیری خصوصی برای صفت طول دانه (۰/۲۷) مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: **تجزیهٔ لاین× تستر، ترکیب‌پذیری، واریانس افزایشی و غیرافزایشی، وراثت‌پذیری خصوصی.**

مقدمه

برنج (*Oryza sativa* L.) محصول مهمی است که بخش اعظم غذای نیمی از جمعیت جهان را شامل می‌شود (Fairhurst & Dobermann, 2002). یکی از راه‌های تأمین نیاز برنج کشور در آینده، تولید واریته‌های پرمحصول خواهد بود. در طراحی برنامه‌های به‌نژادی برای اصلاح عملکرد، متخصصان اصلاح نباتات، ابتدا به گزینش والدین مناسب با عملکرد زیاد در تلاقی می‌پردازند. اهمیت این کار در آن است که عملکرد، خصوصیتی پیچیده و متشکل از اجزای متعدد است که هر یک از آنها تحت تأثیر عوامل زیادی از جمله عوامل محیطی است (Singh & Joshi, 1966). حساسیت این موضوع هنگامی بیشتر می‌شود که به‌نژادگر مجبور به انتخاب ژنوتیپ‌های مورد نظر از میان مجموعه‌ای از ژرم پلاسم‌های متنوع باشد. ارقام و لاین‌هایی برای استفاده در برنامه‌های به‌نژادی مناسبند که علاوه بر دارا بودن صفات در حد مطلوب، قابلیت ترکیب‌پذیری خوبی با سایر ارقام به‌منظور انتقال صفت مورد نظر داشته باشند. تعیین ترکیب‌پذیری و اجزای واریانس ژنتیکی (Fehr, 1993) و نیز نحوهٔ عمل ژن‌های دخیل در تظاهر صفات کمّی (Eraja, 1997) از مهم‌ترین مراحل هر برنامهٔ به‌نژادی برای دورگ‌گیری است و به به‌نژادگران کمک می‌کند که در مورد برنامه‌ها و راهبردهای گزینش ژنوتیپ‌ها تصمیم‌گیری

* نویسنده مسئول: حمید رضا قربانی تلفن: ۰۲۶۳۲۲۲۱۴۸۲ E-mail: ijhs@can.ut.ac.ir

کننـــد (De la Vega & Chapman, 2006). هر چند برای دستیابی به اهداف بالا، تلاقی دای‌آلل مناسب‌تر است، به‌دلیل نیاز به نیروی انسانـــی ماهـر، ضـرورت تلاقی‌های زیاد بین والدین، هزینهٔ زیاد و وقتگیر بودن، از روش‌های ساده‌تری مانند تجزیهٔ لاین × تستر (Kemptorn, 1957) برای ارزیابی ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی والدین و همچنین برآورد تأثیرات ژنی استفاده می‌شود. از ویژگی‌های مهم این روش به‌دست آوردن اطلاعات ژنتیکی کافی از طریق استفاده از تعداد بیشتری از ارقام و اجرای تعداد کمتری تلاقی در مقایسه با دیگر روش‌های ژنتیک کمی نظیر تجزیهٔ دای‌آلل است (Singh & Chaudhary, 1977).

Pradhan *et al.* (2006) با مطالعهٔ ارقام برنج گزارش کردند که اختلافات معنادار بین لاین‌ها و تسترها بیانگر تنوع ژنتیکی زیاد بین تیمارها بوده و نیز اختلاف معنادار ناشی از اثر متقابل لاین× تستر برای همهٔ صفات، مبین ترکیب‌پذیری خصوصی بین هیبریدها است.

تفاوت معنادار در مقادیر SCA و GCA والدین و هیبریدها برای همهٔ صفات، بیانگر اهمیت تأثیرات افزایشی و غیرافزایشی ژن‌ها در بیان این صفات است. Allahgholipour & Ali (2006) بین تیمـارهـــا (ژنوتیپ‌ها) برای همهٔ صفات تحت مطالعه در برنج اختلافات معناداری را گزارش کردند. صفات عملکرد دانه، تعداد دانه در خوشه، ارتفاع بوته و روز تا ۵۰ درصد گلدهی، بین لاین‌ها، تسترها و لاین× تستر اختلاف معناداری نشان داد و برآورد اجزای واریانس ژنتیکی برای صفات عملکرد دانه، طول دانه، تعداد خوشه، تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی، طول برگ پرچم و عرض برگ پرچم حاکی از برتری اثر غالبیت ژن‌ها بر اثر افزایشی آنها بود. Kumar *et al.* (2004) نیز گزارش کردند که میانگین مربعات به‌دست‌آمده از والدین، تلاقی‌ها و اثر متقابل لاین× تستر برای همهٔ صفات تحت مطالعـــه معنادار بوده و در کنترل بیان همهٔ صفات همانند تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی، تعداد روز تا بلوغ فیزیولوژیکی، دورهٔ پر شدن دانه، سرعت پر شدن دانه، تنوع سنبله، درصد باروری و عملکرد دانه در گیاه، نقش هر دو نوع اثر افزایشی و غیرافزایشی ژن‌ها معنادار است و تأثیر غیرافزایشی ژن‌ها، بیشتر از تأثیر افزایشی است.

Rahimi *et al.* (2008) با اجرای تلاقی‌های دای‌آلل یکطرفه در برنج، به تفاوت‌های ژنتیکی معنادار ارقام و همچنین به تأثیرات ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی معنادار در مورد صفات تحت مطالعه در بین والدین و هیبریدها اشاره کردند. براساس نتایج تجزیهٔ دای‌آلل به‌روش‌های دوم و چهارم گریفینگ، سهم اثر افزایشی ژن‌ها در کنترل صفات دورهٔ رشد رویشی، ارتفاع بوته، طول خوشه، تعداد خوشه در بوته و طول دانهٔ قهوه‌ای بیشتر از اثر غیر افزایشی ژن‌ها بود، درحالی‌که صفات عملکرد دانه، عرض دانه، تعداد دانهٔ پر در خوشه، مساحت برگ و دورهٔ رشد زایشی بیشتر تحت کنترل تأثیرات غیرافزایشی ژن‌ها قرار داشتند. ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی برآوردشده از این دو روش در مورد بسیاری از صفات مانند دورهٔ رشد رویشی و زایشی، ارتفاع بوته، تعداد دانهٔ پر در خوشه و عملکرد دانه متفاوت و معنادار بود. Guyen (1993) در بررسی ارقام برنج، نقش ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی را برای صفت عملکرد دانه معنادار خواند و Dhaliwal (1990) نیز ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی معناداری برای صفات روز تا ۵۰ درصد گلدهی، طول خوشه، تعداد دانه در خوشه، وزن هزاردانه و عملکرد دانه در بوته گزارش کرد، که مبین وجود واریانس‌های ژنتیکی افزایشی و غیرافزایشی معناداری برای صفات مذکور بود.

در اجرای برنامه‌های به‌نژادی، اطلاع از ساختار ژنتیکی ارقـــام و نحـــوهٔ عمل ژن‌ها اهمیـــت دارد و بـــه به‌نژادگران در این زمینه بسیار کمک می‌کند. ازاین‌رو این تحقیق با هدف تعیین ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی ژنوتیپ‌های برنج (لاین‌های خارجی و ارقام بومی) به‌منظور شناسایی ارقام والدینی مناسب و نیز برآورد وراثت‌پذیری، تأثیرات ژنی و درجـــهٔ غالبیـــت ژن‌های کنترل‌کنندهٔ صفات مهم زراعی از طریق تجزیهٔ لاین × تستر انجام گرفت تا با توجه به نتایج، بتوان ترکیبات مناسبی را به‌منظور تولید برنج هیبرید شناسایی و معرفی کرد.

مواد و روش‌ها

پنج لاین خالص به نام‌های IR 72944-1-2-2، IR 73688-57-2، IR 73694-41-2، IR 76687-22-1-3-2-5

و PR 27137-CR 153 با چهار رقم بومی ایرانی به نام‌های حسنی، بینام، دمسیاه و هاشمی به‌عنوان تستر، از طریق تجزیهٔ لاین × تستر بررسی شدند. در سال ۱۳۸۶ هر یک از لاین‌ها با تسترها تلاقی داده شد و در سال بعد، بیست نتاج به‌دست‌آمده به‌همراه نه والد (در مجموع بیست‌ونه تیمار) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعهٔ آزمایشی مؤسسهٔ تحقیقات برنج کشور در رشت مقایسه شدند. بوته‌ها به‌صورت تک‌نشا با فاصلهٔ ۲۵ × ۲۵ سانتی‌متر در کرت‌ها کشت شدند. کلیهٔ عملیات زراعی از قبیل آبیاری، تغذیه و کوددهی، مبارزه با علف‌های هرز و آفات، مطابق دستورالعمل مؤسسهٔ تحقیقات برنج کشور انجام گرفت. یازده صفت شامل عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)، ارتفاع بوته (سانتی‌متر)، تعداد خوشه در بوته (عدد)، طول و عرض برگ پرچم (سانتی‌متر)، تعداد دانه در خوشه (عدد)، تعداد دانهٔ پر در خوشه (عدد)، تعداد دانهٔ پوک در خوشه (عدد)، وزن صددانه (گرم) و طول و عرض شلتوک برنج (میلی‌متر) با استفاده از میانگین پنج بوتهٔ تصادفی اندازه‌گیری شد. تجزیهٔ واریانس براساس طرح بلوک‌های کامل تصادفی اجرا شد و در صورت معنادار بودن واریانس بین ژنوتیپ‌ها، برآورد ترکیب‌پذیری والدین و تأثیرات ژنی آنها، با تجزیهٔ لاین × تستر براساس روش پیشنهادی کمپتورن (Kemptorn, 1957) صورت گرفت. تأثیرات ترکیب‌پذیری عمومی برای والدین (gca_i) و ترکیب‌پذیری خصوصی برای هر تلاقی (sca_{ij}) برآورد شد (روابط ۱ و ۲). بعد از محاسبهٔ مقادیر واریانس ترکیب‌پذیری عمومی (σ^2_{gca}) و خصوصی (σ^2_{sca})، مقادیر واریانس افزایشی (σ^2_A) و غالبیت (σ^2_D) با فرض F=1، به‌ترتیب با استفاده از روابط ۳ و ۴ محاسبه شد و براساس این مقادیر، وراثت‌پذیری خصوصی و متوسط درجهٔ غالبیت به‌ترتیب با استفاده از روابط ۵ و ۶ محاسبه شد. در این روابط، σ^2_e: برآورد واریانس محیطی است. برای آزمون تأثیرات ترکیب‌پذیری و نیز واریانس افزایشی و غالبیت از آزمون t-student استفاده شد. در این فرمول‌ها، l: تعداد لاین‌ها، t: تعداد تسترها و r: تعداد تکرار در طرح، $MS_{L\times T}$ میانگین مربعات لاین × تستر، MS_e: میانگین مربعات خطای آزمایشی و F: ضریب خویشاوندی است (فرشادفر، ۱۳۷۶).

$$Sca_{ij} = \frac{X_{ij.}}{r} - \frac{X_{i..}}{tr} - \frac{X_{.j.}}{lr} + \frac{X_{...}}{ltr} \quad (۲)$$

$$\sigma^2_{sca} = \frac{MS_{LxT} - MS_e}{r} = (\frac{1+F}{2})^2 \sigma^2_D \quad (۴)$$

$$\bar{a}^2 = \sqrt{\frac{2\sigma^2_D}{\sigma^2_A}} \quad (۶)$$

$$gca_i = \frac{X_{i...}}{tr} - \frac{X_{...}}{ltr} \quad (۱)$$

$$\sigma^2_{gca} = \mathrm{cov}HS = (\frac{1+F}{4})\sigma^2_A \quad (۳)$$

$$H_n = \frac{\sigma^2_A}{\sigma^2_A + \sigma^2_D + \frac{\sigma^2_e}{r}} \quad (۵)$$

نتایج و بحث

نتایج تجزیهٔ واریانس برای صفات مختلف (جدول ۱) نشان داد که اثر ژنوتیپ برای کلیهٔ صفات تحت بررسی به غیر از تعداد خوشه در بوته، در سطح احتمال یک درصد معنادار بود. این امر نشان‌دهندهٔ تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ‌ها از نظر صفات تحت مطالعه بود. به عقیدهٔ Kemptorn (1957)، برای معنادار شدن اثر تلاقی‌های مربوط به یک صفت، لازم نیست همهٔ اجزای آن (لاین‌ها، تسترها و لاین × تستر) معنادار شوند، بلکه معنادار شدن حتی یک جزء می‌تواند سبب معنادار شدن اثر تلاقی‌ها شود. تفکیک اثر ژنوتیپ‌ها به اجزای والدین، والدین در مقابل تلاقی و تلاقی (جدول ۱) نشان داد که تفاوت والدین در همهٔ صفات به غیر از طول برگ پرچم و اثر تلاقی در همهٔ صفات به غیر از وزن صددانه معنادار بود. اثر والدین در مقابل تلاقی‌ها به غیر از عرض برگ پرچم برای سایر صفات معنادار شد (جدول ۱).

تجزیهٔ اثر تلاقی‌ها به اجزای خود بر مبنای تجزیهٔ لاین × تستر (جدول ۱) نشان داد که اثر لاین‌ها در همهٔ صفات تحت بررسی در سطح احتمال یک درصد معنادار، و اثر تسترها نیز در همهٔ صفات به جز تعداد دانه در خوشه، در سطح احتمال یک درصد معنادار شد. این موضوع نشان می‌دهد که در مورد صفت تعداد دانه در

خوشه، تفاوت بین لاین‌ها باید بیشتر از تفاوت بین تسترها باشد. اثر متقابل لاین × تستر در کلیهٔ موارد به جز ارتفاع بوته، عرض برگ پرچم و طول دانه معنادار شد (جدول ۱) که نشان‌دهندهٔ واکنش متفاوت لاین‌ها در ترکیب با تسترهای مختلف بود.

جدول ۱. خلاصهٔ تجزیهٔ واریانس صفات مختلف براساس تجزیهٔ لاین × تستر در برنج

منابع تغییر	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات صفات									
		عملکرد دانه	ارتفاع بوته	تعداد خوشه در بوته	طول برگ پرچم	عرض برگ پرچم	تعداد کل دانه در خوشه	تعداد دانهٔ پر در خوشه	تعداد دانهٔ پوک در خوشه	درصد دانه	طول دانه	عرض دانه
تکرار	۲	۲۳۰۲۴۲/۰۹	۲۳۹/۳۵	۰/۴۲	۱۵/۰۶۶	۰/۰۱۶	۴۴۰/۵۵	۲۸۲/۶۴	۵۹/۵۲	۰/۰۷۴	۰/۰۲	۰/۰۰۶
ژنوتیپ	۲۸	۹۸۲۶۱/۴۴**	۱۱۲۰/۷۱**	۰/۰۹^{ns}	۳۳/۱۷**	۰/۰۴۹**	۳۷۷۳/۳۶**	۵۷۸۰/۷۵۲**	۸۴۳۰/۸۱**	۰/۱۶**	۲/۱۵**	۰/۱۲**
والدین	۸	۵۱۳۸۶/۸۱**	۲۹۷۸/۲۹**	-	۱۷/۶۴^{ns}	۰/۱۰۴**	۹۶۲۴/۶۳**	۱۶۳۸/۴۲**	۴۷۷۴/۹۷**	۰/۳۴**	۶/۹۷**	۰/۵۸**
والدین در مقابل تلاقی	۱	۱۳۱۰۸۹۰/۴۹**	۵۰۶۳/۰۹**	-	۰/۰۷۳**	۰/۰۰۲^{ns}	۱۵۲۰/۴۶*	۱۱۰۱۲۵/۰۴**	۱۳۷۵۲۵/۳۳**	۱/۰۶**	۲/۰۰۹**	۰/۰۰۰۹**
تلاقی	۱۹	۵۴۱۷۵/۵۵**	۱۳۱/۰۸**	-	۴۱/۴۵**	۰/۰۲۹**	۱۴۲۸/۲۴**	۲۰۳۳/۰۹**	۳۱۷۵/۶۶**	۰/۰۳۴^{ns}	۰/۱۳**	۰/۰۵**
لاین	۴	۶۰۸۹۳/۱۶**	۱۶۰/۶۲**	-	۶۰/۹۸**	۰/۰۳۵**	۴۷۵۷/۸۰**	۱۴۵۲/۹۶**	۵۹۲۲/۶۶**	۰/۰۲^{ns}	۰/۲۲**	۰/۰۳**
تستر	۳	۱۷۹۳۳۹/۷۲**	۳۴۶/۴۱**	-	۶۹/۰۸**	۰/۰۹۱**	۴۲۱/۹۵^{ns}	۷۵۶۸/۶۱**	۸۰۱۸/۲**	۰/۰۵^{ns}	۰/۴۲*	۰/۱۸**
لاین × تستر	۱۲	۲۰۶۴۵/۳۲*	۶۷/۴۱^{ns}	-	۲۸/۰۴**	۰/۰۱۱^{ns}	۵۶۹/۹۵*	۸۴۲/۵۸**	۱۰۴۹/۳۶**	۰/۰۴^{ns}	۰/۰۲^{ns}	۰/۰۲**
اشتباه	۵۶	۹۴۱۸/۸	۴۱/۷۲	۸/۸۳	۱۳/۳۳	۰/۰۰۸	۲۹۸/۷۸	۱۴۳/۹۹	۳۲۰/۰۲	۰/۰۳۷	۰/۰۱۶	۰/۰۱۳
ضریب تغییرات		۲۵/۷۶	۴/۳۹	۱۷/۳۴	۱۱/۸۴	۶/۷۳	۹/۲۷	۱۵/۲۶	۱۶/۶۱	۷/۶۱	۱/۵۴	۳/۹

* و**: به‌ترتیب معناداری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

براساس آزمون ترکیب‌پذیری برای صفات مختلف، مقادیر بیشتر SCA حاکی از سهم بیشتر تأثیر غالبیت ژن‌ها، و تأثیر بیشتر GCA بیانگر سهم بیشتر آثار افزایشی ژن‌های کنترل‌کنندهٔ این صفات در گیاهان است. غیرمعنادار بودن هر دو مقدار SCA و GCA ، بیانگر نقش بارز تأثیرات اپیستاتیک ژن‌ها در کنترل این خصوصیات است (Fehr, 1993). لاین PR 27137-CR 1533 و تسترهای حسنی و هاشمی با میانگین عملکرد ۵/۰۴۵ تن در هکتار با ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنادار، و لاین IR 76687-22-1-3-2-5 با میانگین عملکرد ۷/۰۵۷ تن در هکتار، و تسترهای بینام و دمسیاه به‌ترتیب با میانگین عملکرد ۴/۶۴ و ۵/۶۰۳ تن در هکتار (جدول ۵) دارای ترکیب‌پذیری عمومی منفی و معنادار از نظر صفت عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد هستند.

معنادار شدن ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌های IR76687-22-1-3-2-5 و PR 27137-CR 153 و کلیهٔ تسترهای به‌کاررفته به‌عنوان والدین، به این معنا است که آنها توانایی انتقال پتانسیل عملکرد خود به نتاج را دارند، به‌طوری که لاین PR 27137-CR 153 و تسترهای حسنی و هاشمی به‌عنوان والد در راستای افزایش عملکرد، و لاین IR 76687-22-1-3-2-5 و تسترهای بینام و دمسیاه نیز در راستای کاهش این صفت می‌توانند عمل کنند. Allahgholipour *et al.* (2007) با تلاقی لاین × تستر و نیز Rahimi *et al.* (2008) با تلاقی دای‌آلل در برنج به ترکیب‌پذیری مثبت و منفی برای صفت عملکرد دانه در ارقام مختلف برنج اشاره کردند. با توجه به محدودیت‌های طبیعی (کاهش سطح زیر کشت و وقوع تنش‌ها) و منابع غذایی و رشد روزافزون جمعیت، افزایش محصول در واحد سطح از اهداف مهم به‌نژادی به‌شمار می‌رود. بنابراین می‌توان از والدهای دارای ترکیب‌پذیری مثبت در برنامه‌های به‌نژادی برای تولید هیبریدهای با عملکرد زیاد استفاده کرد تا گام مؤثری در راستای افزایش تولید برنج برداشته شود. با بررسی مقادیر ترکیب‌پذیری خصوصی (جدول ۳)، در میان همهٔ تلاقی‌های اجراشده، تنها والدین تلاقی حسنی × IR 73688-57-2 دارای ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت و معنادار از نظر عملکرد دانه بودند که شاید بتوان در نسل‌های پیشرفته از این تلاقی، گیاهانی با عملکرد زیاد را انتخاب و این صفت را در نتاج حاصل تثبیت کرد. در این تلاقی باوجود معنادار نشدن ترکیب‌پذیری عمومی لاین IR 73688-57-2، ترکیب‌پذیری خصوصی این لاین در جهت مثبت عمل کرد که این وضعیت را می‌توان به نقش تستر حسنی در افزایش میانگین

عملکرد دانه در این تلاقی نسبت داد. Kumar *et al.* (2004) و Pradhan *et al.* (2006) با اجرای تلاقی لاین × تستر برای مطالعهٔ ترکیب‌پذیری ارقام مختلف برنج و هیبریدهای حاصل، ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت و معناداری را برای صفت عملکرد دانه گزارش کرده‌اند.

بررسی ترکیب‌پذیری عمومی برای صفت طول دانه (جدول ۲) نشان داد که لاین PR 27137-CR153 و تسترهای دمسیاه و هاشمی دارای ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنادار، و لاین IR 76687-22-1-3-2-5 و تسترهای حسنی و بینام دارای ترکیب‌پذیری منفی و معنادار بودند. Hajipour Bagheri *et al.* (2005) با بررسی نه رقم برنج در قالب تلاقی لاین × تستر، به ترکیب‌پذیری مثبت و معنادار، و Soroush & Moumeni (2006) نیز با بررسی هشت رقم برنج به ترکیب‌پذیری منفی و معنادار برای والدین اشاره کرده‌اند. برآورد ترکیب‌پذیری خصوصی در تلاقی‌های صورت‌گرفته (جدول ۳) نشان داد که تلاقی بینام × IR 76687-22-1-3-2-5 دارای ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت و معناداری برای این صفت است. Allahgholipour & Ali (2006) نیز همانند این تحقیق به ترکیب‌پذیری مثبت در تلاقی‌های برنج اشاره داشتند. با توجه به این نکته که ترکیب‌پذیری خصوصی، سهم غیرافزایشی واریانس ژنتیکی را بیان می‌کند، تلاقی مذکور را می‌توان در برنامه‌های به‌نژادی و تولید برنج هیبرید که بر پایهٔ استفاده از واریانس ژنتیکی غیرافزایشی استوار است، مورد توجه قرار داد. از طرف دیگر، طول دانه از مهم‌ترین خصوصیات کیفیت ظاهری دانه‌ها در برنج بوده و دانه‌بلندی از صفات مهم در بازارپسندی برنج و قیمت تجاری آن است. ازاین‌رو ارقام و تلاقی‌های دارای اثر ترکیب‌پذیری عمومی مثبت، پتانسیل بهبود این صفت در بهره‌گیری از اثر افزایشی ژن‌ها را دارند.

جدول ۲. مقادیر ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌ها و تسترهای برنج برای صفات مختلف براساس تجزیهٔ لاین × تستر

منابع تغییر	عملکرد دانه (تن در هکتار)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	طول برگ پرچم (سانتی‌متر)	عرض برگ پرچم (سانتی‌متر)	تعداد کل دانه در خوشه	تعداد دانهٔ پر در خوشه	تعداد دانهٔ پوک در خوشه	وزن صد دانه (گرم)	طول دانه (میلی‌متر)	عرض دانه (میلی‌متر)
لاین‌ها										
IR 72944-1-2-2	-۳۶/۳۹۵^{ns}	-۵/۷۴**	-۰/۵۹^{ns}	۰/۰۱^{ns}	-۱/۲۵۶^{ns}	-۵/۷۱۳^{ns}	۴/۴۵۶^{ns}	۰/۰۰۴۷۳^{ns}	۰/۰۱۹^{ns}	-۰/۰۱۱^{ns}
IR 73688-57-2	۳۲/۰۰۰۶^{ns}	۲/۰۰۸^{ns}	-۲/۵۵۷*	-۰/۰۲۲^{ns}	-۱۴/۴۷**	-۷/۲۱۳*	-۷/۲۶^{ns}	۰/۰۵۳^{ns}	۰/۰۵۲^{ns}	۰/۰۰۴۵^{ns}
IR 73694-41-2	-۳۳/۱۶۳^{ns}	۳/۴۹۳^{ns}	-۰/۷۹۹^{ns}	-۰/۰۴۴^{ns}	-۴/۹۴^{ns}	-۸/۵۸**	۳/۶۴^{ns}	-۰/۰۵۳^{ns}	-۰/۰۶۷^{ns}	-۰/۰۶۳^{ns}
IR 76687-22-1-3-2-5	-۷۱/۰۶۵*	۱/۵۷۸^{ns}	۳/۵۵۵**	۰/۰۸۹**	۳۴/۱۷۶**	۳/۸۷^{ns}	۳۰/۳۰۶**	-۰/۰۱۳^{ns}	-۰/۱۸۳**	۰/۰۷۲**
PR 27137-CR 153	۱۰۸/۶۲۳**	-۱/۳۳^{ns}	۰/۳۹۲^{ns}	-۰/۰۳۲^{ns}	-۱۳/۵۱**	۱۷/۶۳۶**	-۳۱/۱۴**	۰/۰۰۸۵^{ns}	۰/۱۷۹**	-۰/۰۰۲۷^{ns}
اشتباه معیار(لاین)	۲۸/۰۱۶	۱/۸۶۴	۱/۰۵۴	۰/۰۲۵	۴/۹۸۹	۳/۴۶۳	۵/۱۶۴	۰/۰۵۷	۰/۰۳۶	۰/۰۳۲
تسترها										
حسنی	۶۸/۳۸۱*	-۵/۵۸**	۰/۱۴۲^{ns}	۰/۰۲۴^{ns}	۳/۴۳۳^{ns}	۱۰/۴۲۳**	-۶/۹۹^{ns}	-۰/۰۳۱^{ns}	-۰/۱۲۱**	۰/۰۱۷^{ns}
بینام	-۵۶/۲۴۵*	-۲/۰۷^{ns}	-۲/۹۳۶**	۰/۰۲۴^{ns}	-۶/۰۶^{ns}	-۲۰/۳۳**	۱۴/۲۷۶**	۰/۰۵۲^{ns}	-۰/۱۵۵**	۰/۱۳۸**
دمسیاه	-۱۲۴/۲۹۳**	۵/۳۲۴**	۰/۶۰۲^{ns}	۰/۰۶۵*	۵/۳۴^{ns}	-۱۶/۷۵**	۲۲/۰۹**	-۰/۰۶۲^{ns}	۰/۱۹۸**	-۰/۱۲۴**
هاشمی	۱۱۲/۱۵۸**	۲/۳۳۲^{ns}	۲/۱۹۲*	-۰/۱۱۳**	-۲/۷۱۳^{ns}	۲۶/۶۶۳**	-۲۹/۳۷**	۰/۰۴۱^{ns}	۰/۰۷۸**	-۰/۰۳۲^{ns}
اشتباه معیار(تستر)	۲۵/۰۵۸	۱/۶۶۷	۰/۹۴۲	۰/۰۲۲	۴/۴۶۳	۳/۰۹۸	۴/۶۱۸	۰/۰۴۹	۰/۰۳۲	۰/۰۲۹

مقادیر ترکیب‌پذیری عمومی برای صفت عرض دانه در والدین مختلف (جدول ۲) نشان داد که لاین IR 76687-22-1-3-2-5 و تستر بینام دارای ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنادار، و تستر دمسیاه دارای ترکیب‌پذیری منفی و معنادار بودند. به این مفهوم که والدین یادشده توانایی انتقال این صفت به نتاج خود را دارند و می‌توانند در تلاقی با دیگر والدین در راستای بهبود یا کاهش صفت تحت بررسی با توجه به هدف محققان عمل کنند. Soroush & Moumeni (2006) در پژوهش خود به ترکیب‌پذیری منفی و معنادار برای

صفت عرض دانه در رقم خزر اشاره داشته‌اند. از آنجاکه افزایش عرض دانه در برنج، عامل کاهش‌دهندهٔ بهای این محصول است، کاهش مناسب و ثبات این عامل در نتاج حاصل از تلاقی والدین شایان بررسی است. بر این اساس، استفاده از والدینی همانند تستر دمسیاه که بتوانند بروز این صفت در تلاقی با دیگر والدین را کاهش دهند، مهم جلوه می‌کند. برای تلاقی‌های بینام × PR 27137-CR 153 و حسنی × IR 73688-57-2، ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت و معنادار، و برای تلاقی بینام × IR 73688-57-2، ترکیب‌پذیری خصوصی منفی و معنادار برآورد شد. برگ پرچم یک عضو فعال فتوسنتزکننده در مرحلهٔ پر شدن دانه در برنج است و از طرفی، طول و عرض برگ پرچم، دو عامل تعیین‌کنندهٔ تغییرات این صفت به‌حساب می‌آیند. بنابراین افزایش سطوح هر یک از این دو عامل، به افزایش سطح فتوسنتزکنندهٔ گیاه منجر می‌شود و کارایی این منبع تولید انرژی را در استفاده از منابع نوری افزایش می‌دهد و به‌طور غیرمستقیم می‌تواند موجب افزایش عملکرد دانه شود. براساس محاسبات انجام‌گرفته برای صفت طول برگ پرچم، لاین IR 76687-22-1-3-2-5 و تستر هاشمی، دارای ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنادار، و لاین IR 73688-57-2 و تستر بینام، دارای ترکیب‌پذیری عمومی منفی و معنادار بود (جدول ۲) و تلاقی دمسیاه × IR 76687-22-1-3-2-5 نیز ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت و معناداری از خود نشان داد (جدول ۳) و می‌توان امیدوار بود که در نسل‌های در حال تفکیک این تلاقی به نتاجی با طول زیاد برگ پرچم دست یافت. Allahgholipour & Ali (2006) با اجرای یک تلاقی لاین × تستر بین ۸ رقم برنج و ارزیابی ترکیب‌پذیری ارقام، همانند این تحقیق به ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت در تلاقی‌های خود اشاره داشته‌اند. در مورد صفت عرض برگ پرچم نیز، برآوردها حاکی از ترکیب‌پذیری مثبت و معنادار در مورد لاین IR 76687-22-1-3-2-5 و تستر دمسیاه، و بروز ترکیب‌پذیری منفی و معنادار برای تستر هاشمی بود (جدول ۲). ازاین‌رو با توجه به تأثیرات مثبت ترکیب‌پذیری عمومی برای صفات طول و عرض برگ پرچم در لاین‌ها و تسترهای تحت مطالعه، با انتخاب روش مناسب گزینشی همانند روش شجره‌ای یا تک‌بذر، امید می‌رود که در بین نتاج نسل‌های در حال تفکیک تلاقی‌های واجد این لاین‌ها بتوان به نتاجی با سطح برگ بالاتر دست یافت. در ضمن، تلاقی دمسیاه × PR 27137-CR 153 نیز ترکیب‌پذیری خصوصی منفی و معناداری را از خود نشان داد (جدول ۳).

جدول ۳. ترکیب‌پذیری خصوصی تلاقی‌های برنج برای صفات مختلف براساس تجزیهٔ لاین × تستر

ردیف	تلاقی‌ها	عملکرد دانه (تن در هکتار)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	طول برگ پرچم (سانتی‌متر)	عرض برگ پرچم (سانتی‌متر)	تعداد کل دانه در خوشه	تعداد دانهٔ پر در خوشه	تعداد دانهٔ پوک در خوشه	وزن صد دانه (گرم)	طول دانه (میلی‌متر)	عرض دانه (میلی‌متر)
۱	حسنی × IR 72944-1-2-2	-۱۲۶/۹*	-۰/۹۹ ns	-۱/۲۳ ns	-۰/۰۶۴ ns	-۱/۳۲ ns	-۲۲/۴۷**	۲۱/۱۶*	-۰/۰۷ ns	-۰/۰۱۵ ns	-۰/۰۵ ns
۲	بینام × IR 72944-1-2-2	۶/۵۸ ns	-۱/۰۱ ns	-۰/۶۰ ns	-۰/۰۲۴ ns	-۴/۹۶ ns	۳/۵۵ ns	-۸/۵۱ ns	۰/۰۵۱ ns	-۰/۰۳ ns	۰/۰۱ ns
۳	دمسیاه × IR 72944-1-2-2	۴۴/۷۷ ns	۱/۷۶ ns	۱/۵۶ ns	۰/۰۵۴ ns	۳/۷۸ ns	۱۶/۴۳*	-۱۲/۶۶ ns	-۰/۰۱۷ ns	-۰/۰۱ ns	۰/۰۳۳ ns
۴	هاشمی × IR 72944-1-2-2	۷۴/۷۳ ns	۰/۲۵ ns	۰/۲۸ ns	۰/۰۳۳ ns	۲/۵ ns	۲/۴۹ ns	۰/۰۱ ns	۰/۰۳۶ ns	۰/۰۵۴ ns	۰/۰۱ ns
۵	حسنی × IR 73688-57-2	۱۵۹/۱۹*	-۹/۱ *	-۲/۶ ns	-۰/۰۴ ns	-۲۳/۹*	۱۸/۴۹**	-۴۲/۳۹**	۰/۲۵*	۰/۱۲ ns	۰/۱۷*
۶	بینام × IR 73688-57-2	-۴۱/۵۳ ns	۰/۹ ns	۱/۶۶ ns	۰/۰۰۹ ns	۱۱/۳۹ ns	۱/۷۹ ns	۹/۶۱ ns	-۰/۱۲ ns	-۰/۰۶ ns	-۰/۱۳*
۷	دمسیاه × IR 73688-57-2	-۶۴/۳۸ ns	۶/۹۵*	۰/۳۴۹ ns	-۰/۰۰۵۳ ns	۷/۹۹۳ ns	-۱۱/۱۳ ns	۱۹/۱۲۶ ns	-۰/۰۳۳۹ ns	۰/۰۲ ns	-۰/۰۰۷ ns
۸	هاشمی × IR 73688-57-2	-۵۳/۲۷ ns	۱/۲۵ ns	۰/۵۹ ns	۰/۰۳۳ ns	۴/۵۱ ns	-۹/۱۵ ns	۱۳/۶۶ ns	-۰/۰۹۴ ns	-۰/۰۸ ns	-۰/۰۳ ns
۹	حسنی × IR 73694-41-2	-۲۸/۴۲ ns	-۰/۵ ns	۱/۳۷ ns	۰/۰۱۱ ns	۸/۱ ns	-۱۱/۳۴ ns	۱۹/۴۴ ns	-۰/۰۲۱ ns	-۰/۰۴ ns	-۰/۰۴۶ ns
۱۰	بینام × IR 73694-41-2	-۴/۹ ns	۰/۰۱ ns	-۰/۱۱ ns	-۰/۰۰۲ ns	۶/۳۳ ns	۱۰/۷۵ ns	-۴/۴۳ ns	۰/۰۲۶ ns	-۰/۰۵۵ ns	-۰/۰۲ ns
۱۱	دمسیاه × IR 73694-41-2	-۳/۳۷۳ ns	۱/۴۵ ns	-۳/۸۴ ns	۰/۰۳ ns	-۱۱/۶۱ ns	-۹/۳ ns	-۲/۳۱ ns	-۰/۰۵۳ ns	۰/۰۵۵ ns	۰/۰۱ ns
۱۲	هاشمی × IR 73694-41-2	۳۶/۷ ns	-۰/۹۵ ns	۲/۵۸ ns	-۰/۰۳۸ ns	-۲/۸۲ ns	۹/۸۹ ns	-۱۲/۷۱ ns	۰/۰۴۸ ns	۰/۰۴۳ ns	۰/۰۵۶ ns
	اشتباه معیار	۵۶/۰۳۲	۳/۲۷۸	۲/۱۰۸	۰/۰۵۰۹	۹/۹۷۹	۶/۹۲۷	۱۰/۳۲۸	۰/۱۱۱۵	۰/۰۷۲۰	۰/۰۶۵۵

ادامه جدول ۳. ترکیب‌پذیری خصوصی تلاقی‌های برنج برای صفات مختلف براساس تجزیهٔ لاین × تستر

ردیف	تلاقی‌ها	عملکرد دانه (تن در هکتار)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	طول برگ پرچم (سانتی‌متر)	عرض برگ پرچم (سانتی‌متر)	تعداد کل دانه در خوشه	تعداد دانهٔ پر در خوشه	تعداد دانهٔ پوک در خوشه	وزن صد دانه (گرم)	طول دانه (میلی‌متر)	عرض دانه (میلی‌متر)
۱۳	حسنی × IR 76687-22-1-3-2-5	-۵۷/۱۷^{ns}	۴/۸۸^{ns}	۳/۴^{ns}	۰/۰۴۴^{ns}	۲۲/۶۵*	۱۲/۰۸^{ns}	۱۰/۵۷^{ns}	-۰/۱۳^{ns}	-۰/۰۶^{ns}	-۰/۰۷^{ns}
۱۴	بینام × IR 76687-22-1-3-2-5	-۲۲/۳^{ns}	-۱/۹۷۱^{ns}	-۳/۸۸۴^{ns}	-۰/۰۶۲^{ns}	-۱۴/۱۲^{ns}	-۱۱/۴۳^{ns}	-۲/۶۹^{ns}	۰/۰۴۷^{ns}	۰/۱۶*	۰/۰۰۸^{ns}
۱۵	دمسیاه × IR 76687-22-1-3-2-5	۷۶/۲۲^{ns}	-۲/۷^{ns}	۴/۲۸*	۰/۰۳۶^{ns}	۶/۸۱^{ns}	۱۹/۳۲*	-۱۲/۵۱^{ns}	۰/۱۳^{ns}	-۰/۰۷۸۳^{ns}	۰/۰۵۵^{ns}
۱۶	هاشمی × IR 76687-22-1-3-2-5	۳/۲۵^{ns}	-۰/۲۱^{ns}	-۳/۷۹^{ns}	-۰/۰۱۸^{ns}	-۱۵/۳۴^{ns}	-۱۹/۹۶*	۴/۶۳^{ns}	-۰/۰۴۵^{ns}	-۰/۰۲۶^{ns}	۰/۰۰۶^{ns}
۱۷	حسنی × PR 27137-CR 153	۵۲/۵^{ns}	۵/۷۲^{ns}	-۰/۹۵^{ns}	۰/۰۴۶^{ns}	-۵/۵۳^{ns}	۳/۲۴^{ns}	-۸/۷۸^{ns}	-۰/۰۲۶^{ns}	-۰/۰۰۷^{ns}	-۰/۰۰۳^{ns}
۱۸	بینام × PR 27137-CR 153	۶۲/۱۵^{ns}	۲/۰۷^{ns}	۲/۹۴^{ns}	۰/۰۸^{ns}	۱/۳۶^{ns}	-۴/۶۶^{ns}	۶/۰۲^{ns}	-۰/۰۰۲ ^{ns}	-۰/۰۱۲^{ns}	۰/۱۴*
۱۹	دمسیاه × PR 27137-CR 153	-۵۳/۲۴^{ns}	-۷/۴۶*	-۲/۳۴^{ns}	-۰/۱۲*	-۶/۹۷^{ns}	-۱۵/۳۲*	۸/۳۴^{ns}	-۰/۰۲۷^{ns}	۰/۰۱۳^{ns}	-۰/۰۹^{ns}
۲۰	هاشمی × PR 27137-CR 153	-۶۱/۴۲^{ns}	-۰/۳۳^{ns}	۰/۳۵^{ns}	-۰/۰۱^{ns}	۱۱/۱۵^{ns}	۱۶/۷۴*	-۵/۵۹^{ns}	۰/۰۵۵^{ns}	۰/۰۰۶^{ns}	-۰/۰۴۲^{ns}
	اشتباه معیار	۵۶/۰۳۲	۳/۲۷۸	۲/۱۰۸	۰/۰۵۰۹	۹/۹۷۹	۶/۹۲۷	۱۰/۳۲۸	۰/۱۱۱۵	۰/۰۷۲۰	۰/۰۶۵۵

* و**: به‌ترتیب معناداری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

ns: غیرمعناداری

جدول۴. واریانس ژنتیکی و سهم اجزای واریانس ژنتیکی صفات براساس تجزیهٔ لاین × تستر در برنج

اجزای واریانس	عملکرد دانه (تن در هکتار)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	طول برگ پرچم (سانتی‌متر)	عرض برگ پرچم (سانتی‌متر)	تعداد کل دانه در خوشه	تعداد دانهٔ پر در خوشه	تعداد دانهٔ پوک در خوشه	وزن صد دانه (گرم)	طول دانه (میلی‌متر)	عرض دانه (میلی‌متر)
واریانس افزایشی	۱۹۵۷/۲۲	۳/۷۲	۰/۷۸	۰/۰۰۱	۵۰/۱	۶۹/۴۹	۱۲۴/۱۱	۰/۰۰	۰/۰۰۶	۰/۰۰۲
واریانس غالبیت	۳۷۲۴/۱۷	۸/۵۶	۴/۹۰	۰/۰۰۱	۹۰/۳۹	۲۳۲/۸۶	۲۴۳/۱۱	۰/۰۰	۰/۰۰۱	۰/۰۰۴
درجه غالبیت	۱/۹۵	۲/۱۵	۳/۵۳	۱/۳۹	۱/۹	۲/۵۹	۱/۹۸	۱/۸۹	۰/۵۸	۲/۱۸
سهم واریانس غالبیت (درصد)	۰/۲۵	۰/۱۶	۰/۲۶	۰/۱۰	۰/۲۱	۰/۵۲	۰/۳۵	۰/۰۰	۰/۰۵	۰/۲۰
سهم واریانس محیطی (درصد)	۰/۶۲	۰/۷۷	۰/۷۰	۰/۷۹	۰/۶۸	۰/۳۲	۰/۴۶	۱	۰/۶۸	۰/۷۲
سهم واریانس افزایشی (وراثت‌پذیری خصوصی)	۰/۱۳	۰/۰۷	۰/۰۴	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۶	۰/۱۸	۰/۰۰	۰/۲۷	۰/۰۸

بررسی تأثیرات ترکیب‌پذیری برای صفت ارتفاع بوته در این تحقیق نشان داد که لاین IR 72944-1-2-2 که در همهٔ صفات اثر ترکیب‌پذیری عمومی معناداری نداشت، دارای ترکیب‌پذیری عمومی منفی و معنادار برای صفت ارتفاع بوته با متوسط ارتفاع ۱۰۷/۵۳۳ سانتی‌متر (جدول ۵) بود و تستر حسنی نیز همانند این لاین ترکیب‌پذیری منفی و معنادار داشت (جدول ۲). از این والدین می‌توان برای انتقال صفت پاکوتاهی، در برنامه‌های اصلاحی استفاده کرد. Hajipour Bagheri *et al.* (2005)، Pradhan *et al.* (2006) و Allahgholipour *et al.* (2007) با بررسی ارقام و هیبریدهای مختلف برنج و برآورد اثر ژن‌ها و ترکیب‌پذیری برخی صفات کمّی، گزارش کردند که وجود ترکیب‌پذیری عمومی منفی و معنادار برای صفت ارتفاع بوته، امید می‌دهد که در بین نتاج این واریته‌ها بتوان لاین‌های پاکوتاه را یافت. وجود ترکیب‌پذیری خصوصی منفی و معنادار برای صفت ارتفاع بوته در تلاقی‌های دمسیاه × PR 27137-CR 153 و حسنی × IR 73688-57-2 امیدبخش دستیابی به گیاهان دارای صفت پاکوتاهی در نتاج حاصل از این تلاقی‌ها است. از آنجاکه پاکوتاهی در برنج صفت مطلوبی به‌شمار می‌آید و برای برداشت مکانیزه و مقاومت به خوابیدگی ارقام پاکوتاه بسیار مناسب‌ترند، شاید بتوان با استفاده از این والدین و تلاقی‌های حاصل از آنها در نسل‌های پیشرفته‌تر به گیاهانی با ارتفاع کمتر دست یافت. Pradhan *et al.* (2006) نیز همانند این تحقیق ترکیب‌پذیری منفی و معناداری را برای صفت ارتفاع بوته در برنج باسماتی گزارش کرده‌اند. لاین IR 76687-22-1-3-2-5 با ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنادار و لاین‌های IR 73688-57-2 و PR 27137-CR153 به‌ترتیب با ۱۹۹/۸۶ و ۱۷۹/۳۳ دانه در خوشه (جدول ۵) دارای ترکیب‌پذیری عمومی منفی و معنادار برای صفت تعداد دانه در خوشه بودند (جدول ۲). با

برآورد مقادیر ترکیب‌پذیری خصوصی در تلاقی‌های حاصل از والدین (جدول ۳)، ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت و معناداری برای تلاقی حسنی × IR 76687-22-1-3-2-5 و ترکیب‌پذیری خصوصی منفی و معناداری برای تلاقی حسنی × IR 73688-57-2 مشاهده شد. با توجه به این نکته که قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی سهم واریانس غیرافزایشی ژن‌های کنترل‌کنندهٔ این صفت را بیان می‌کند، بر این اساس می‌توان امید داشت که بتوان در نسل‌های در حال تفرق از تلاقی حسنی × IR 76687-22-1-3-2-5 به نتاج با تعداد دانه در خوشهٔ بیشتر دست یافت. نکتهٔ شایان توجه توانایی والد IR 76687-22-1-3-2-5 در انتقال پتانسیل افزایش تعداد دانه در خوشه به نتاج حاصل از تلاقی خود با والد حسنی است، به‌طوری که می‌توان این لاین را به‌عنوان لاینی مناسب برای بهره‌گیری در تلاقی با دیگر والدین برای بهبود این صفت در پژوهش‌های آتی معرفی کرد.

صفت تعداد دانهٔ پر در خوشه نیز یکی از اجزای اصلی عملکرد دانه بوده و با افزایش آن عملکرد نیز افزایش خواهد یافت، لذا هرگونه اقدام به‌نژادی در مورد افزایش این صفت تأثیر بسزایی بر افزایش عملکرد خواهد داشت. لاین PR 27137-CR 153 و تسترهای حسنی و هاشمی دارای ترکیب‌پذیری مثبت و معناداری برای این صفت در والدین بودند (جدول ۲). با توجه به اینکه قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی بیانگر سهم افزایشی ژن‌های کنترل‌کنندهٔ صفت است، می‌توان از این ارقام برای بهبود تعداد دانهٔ پر در خوشه و در نتیجه، افزایش عملکرد دانه در برنامه‌های به‌نژادی استفاده کرد.

تلاقی‌های هاشمی × PR 27137-CR 153، دمسیاه × IR 76687-22-1-3-2-5، دمسیاه × IR 72944-1-2-2 و حسنی × IR 73688-57-2 دارای ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت و معنادار برای صفت تعداد دانهٔ پر در خوشه و تلاقی‌های دمسیاه × PR 27137-CR 153، هاشمی × IR 76687-22-1-3-2-5 و حسنی × IR 72944-1-2-2 دارای ترکیب‌پذیری خصوصی منفی و معنادار برای این صفت بودند (جدول ۳). Soroush & Moumeni (2006) با انجام یک تلاقی لاین × تستر به وجود ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنادار برای رقم خزر و ترکیب‌پذیری منفی برای رقم کانتو و همچنین وجود ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت و معنادار در تلاقی‌های صورت‌گرفته اشاره داشته‌اند.

در تلاقی هاشمی × PR 27137-CR 153 هر دو والد، ترکیب‌شونده‌های عمومی بسیار خوبی بوده و این نشان‌دهندهٔ نحوهٔ عمل افزایشی ژنی برای صفت مزبور در والدین است. ازاین‌رو، برای بهبود تعداد دانهٔ پر در خوشه می‌توان در نتاج نسل‌های در حال تفکیک این دو والد اقدام به انتخاب گیاهان با تعداد دانهٔ پر در خوشهٔ بالا کرد و انتظار می‌رود که با بهره‌گیری از روش‌های انتخابی مناسب بتوان به لاین‌هایی دست یافت که دارای تعداد دانهٔ پر بیشتری در خوشه باشند و به‌طور غیرمستقیم بتوان در نسل‌های در حال تفکیک عملکرد دانه را افزایش داد. از آنجا که صفت تعداد دانهٔ پوک در خوشه یکی از عوامل کاهندهٔ عملکرد است، محققان همواره به‌دنبال کاهش مقدار ظهور این صفت در ارقام و نتاج حاصل از تلاقی آنها با هم هستند. به همین دلیل آگاهی از توانایی ترکیب‌پذیری عمومی والدین و خصوصی تلاقی‌های آنها و گزینش ارقام و تلاقی‌هایی با تأثیرات ترکیب‌پذیری منفی و معنادار (GCA و SCA) همواره یکی از اهداف اجرای پژوهش‌های تحقیقاتی است. با بررسی تأثیرات ترکیب‌پذیری (جدول ۲) مشخص شد که لاین IR 76687-22-1-3-2-5 و تسترهای بینام و دمسیاه دارای ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنادار و لاین PR 27137-CR 153 و تستر هاشمی دارای ترکیب‌پذیری منفی و معنادار بودند. همچنین، تلاقی حسنی × IR 73688-57-2 دارای ترکیب‌پذیری خصوصی منفی و معنادار برای صفت تعداد دانهٔ پوک در خوشه بود (جدول ۳) که بیانگر نقش اثر غیرافزایشی ژن‌ها در کاهش این صفت در تلاقی مذکور است. ازاین‌رو تلاقی یادشده را می‌توان برای کاهش تعداد دانهٔ پوک در خوشه در برنامه‌های به‌نژادی و تولید برنج هیبرید که بر پایهٔ استفاده از واریانس ژنتیکی غیرافزایشی استوارند، مورد توجه قرار داد.

وزن صددانه از دیگر شاخص‌های مهم عملکرد است که بهبود آن و گزینش ترکیبات هیبریدی مناسب در بین جمعیت‌های به‌نژادی حاصل از تلاقی والدین، هدف محققان در اجرای تحقیقات مختلف بوده است. بررسی قدرت ترکیب‌پذیری والدین (جدول ۲) نشان داد که

هیچ یک از آنها ترکیب‌پذیری عمومی معناداری برای صفت وزن صددانه نداشتند که نشان از تنوع کم این صفت در بین نتاج حاصل از تلاقی‌های مختلف دارد. در میان تلاقی‌های صورت‌گرفته، تنها تلاقی حسنی × IR 73688-57-2 دارای ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت و معنادار برای صفت وزن صددانه (جدول ۳) بود که نشان‌دهندهٔ نقش بیشتر اثر غیرافزایشی ژن‌ها در کنترل این صفت در این تلاقی است. بر این اساس، محققان می‌توانند در برنامهٔ اصلاح و تولید برنج هیبرید، به این ارقام توجه و از آنها استفاده کنند و دستیابی به نتاج با وزن صددانهٔ بیشتر در نتاج حاصل از این تلاقی را نوید دهند. محاسبهٔ اجزای واریانس ژنتیکی (جدول ۴) برای صفات مختلف نشان داد که در کنترل صفت تعداد دانهٔ پر در خوشه، اثر غالبیت ژن‌ها نقش مهمی دارد و برای بهبود این صفت، بهره‌گیری از برنامه‌های اصلاحی با تکیه بر دورگ‌گیری ضروری است. Soroush & Rabiei (2009) در نتایج پژوهش خود سهم واریانس غالبیت را برای صفت تعداد دانهٔ پر در خوشه شایان توجه و بیشتر از واریانس افزایشی گزارش کردند.

میزان درجهٔ غالبیت صفت طول دانه نشان‌دهندهٔ وجود اثر غالبیت ناقص ژن‌ها و سهم بیشتر واریانس افزایشی نسبت به واریانس غیرافزایشی در کنترل این صفت بود. Rahimi *et al*. (2008) نیز در نتایج تحقیق خود به سهم بیشتر اثر افزایشی ژن‌ها در کنترل صفت طول دانه اشاره داشتند. همچنین بیشترین حد وراثت‌پذیری خصوصی (۰/۲۷) برای این صفت برآورد شد که فرصت گزینش ژنوتیپ‌های با طول دانهٔ بیشتر در نتاج نسل‌های در حال تفکیک را تا حدی فراهم می‌آورد. بنابراین برای بهبود این صفت استفاده از روش‌های اصلاحی مبتنی بر گزینش نظیر انتخاب شجره‌ای و بالک تک‌بذری در نسل‌های در حال تفکیک می‌تواند مؤثر باشد. میزان درجهٔ غالبیت برای صفات عملکرد دانه، ارتفاع بوته، طول و عرض برگ پرچم، تعداد کل دانه در خوشه، تعداد دانهٔ پوک در خوشه، وزن صد دانه و عرض دانه، بیانگر وجود اثر فوق غالبیت ژن‌ها در کنترل صفات بود. همچنین کم بودن وراثت‌پذیری خصوصی صفات نشان‌دهندهٔ کم بودن سهم واریانس افزایشی ژن‌ها است که نتایج حاصل از درجهٔ غالبیت را تأیید می‌کند. با توجه به سهم بیشتر اثر غیرافزایشی ژن‌ها، پتانسیل انتخاب برای این صفات زیاد نیست و روش دورگ‌گیری و استفاده از پدیدهٔ هتروزیس برای بهبود آنها مناسب است.

جدول۵. مقادیر میانگین صفات ارقام والدینی برنج تحت مطالعه

والدین	عملکرد دانه (تن در هکتار)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	طول برگ پرچم (سانتی‌متر)	عرض برگ پرچم (سانتی‌متر)	تعداد کل دانه در خوشه	تعداد دانهٔ پر در خوشه	تعداد دانهٔ پوک در خوشه	وزن صد دانه (گرم)	طول دانه (میلی‌متر)	عرض دانه (میلی‌متر)
IR 72944-1-2-2	۴/۷۷۷	۱۰۷/۵۳۳	۳۱/۳	۱/۴۶۷	۱۹۸/۳۳	۱۳۱/۰۶	۶۷/۲۶	۲/۰۵۹	۷/۰۴	۳/۳۱۸
IR 73688-57-2	۷/۸۴۹	۱۱۳/۵۳۳	۲۸/۲۲	۱/۳۲۷	۱۹۹/۸۶	۱۴۹/۰۶	۵۰/۸	۲/۰۴۲	۷/۰۵	۲/۹۷۷
IR 73694-41-2	۷/۰۰۹	۱۱۳/۹۳۳	۳۰/۱	۱/۳۶۷	۲۲۶	۱۶۶/۲۶	۵۹/۷۳	۲/۶۵۵	۷/۱۵۹	۳/۰۵۷
IR 76687-22-1-3-2-5	۷/۰۵۷	۱۱۷/۵۳۳	۳۱/۳۶	۱/۵۴۷	۲۸۸/۷۳	۱۵۱/۴۶	۱۳۷/۲۶	۲/۱۱۱	۶/۹۳۶	۳/۵۳۹
PR 27137-CR153	۵/۰۴۵	۱۰۳/۸	۳۰/۰۲	۱/۳۶	۱۷۹/۳۳	۱۲۲/۲۶	۵۷/۰۶	۲/۱۵۷	۷/۳۳۳	۳/۰۶۲
حسنی	۴/۹۸۰	۱۳۷/۹۳۳	۲۸/۶۶	۱/۲۴	۹۹/۸۶	۸۷/۲۶	۱۲/۶	۳/۰۴	۶/۲۰۹	۳/۰۵۸
بینام	۴/۶۴۰	۱۸۵/۷۶۷	۳۳/۰۷	۱/۳۰۷	۱۵۲/۴	۱۳۴/۶۶	۱۷/۷۳	۲/۶۰۲	۹/۵۰۸	۲/۷۵۳
دمسیاه	۵/۶۰۳	۱۷۱/۱	۳۵/۹۴	۱/۲۳۳	۱۴۹/۴۶	۱۳۱/۴۶	۱۸	۲/۳۵	۱۰/۵۷۷	۲/۲۳۵
هاشمی	۴/۰۸۱	۱۶۸/۴۳۳	۲۹/۱۸	۰/۸۸۷	۱۲۶/۳۳	۱۱۱/۴۶	۱۴/۸۶	۲/۳۴۹	۱۰/۲۷۱	۲/۲۴۸

نتیجه‌گیری کلی

لاین PR 27137-CR 153 با دارا بودن ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنادار برای صفات عملکرد و تعداد دانهٔ پر در خوشه و داشتن ترکیب‌پذیری منفی و معنادار در مورد صفت تعداد دانهٔ پوک در خوشه، توان تولید نتاج با عملکرد زیاد را دارد؛ زیرا از طرفی تعداد دانهٔ پوک در نتاج کاهش و از سوی دیگر تعداد دانهٔ پر در خوشه‌ها افزایش می‌یابد. برایند این دو اثر ممکن است سبب بروز عملکرد زیاد در نتاج حاصل از این والد باشد. تلاقی حسنی × IR 73688-57-2 تنها تلاقی دارای ترکیب-

پذیری خصوصی مثبت و معنادار از نظر عملکرد دانه بود و همچنین ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت و معناداری برای صفات وزن صددانه و تعداد دانهٔ پر در خوشه داشت. از طرفی این تلاقی از لحاظ صفات تعداد دانهٔ پوک در خوشه و ارتفاع بوته، دارای ترکیب‌پذیری خصوصی منفی و معنادار بود. به‌همین دلیل این تلاقی را می‌توان تلاقی مناسبی برای گزینش با هدف دستیابی به افزایش عملکرد و صفات مرتبط با آن معرفی کرد. سهم واریانس افزایشی در کنترل صفت طول دانه بیشتر از واریانس غیرافزایشی بود و از طرفی درجهٔ غالبیت نیز نشان از اثر غالبیت ناقص ژن‌ها برای این صفت دارد. بیشترین وراثت‌پذیری خصوصی برای صفت طول خوشه برآورد شد. بررسی مقادیر درجهٔ غالبیت برای دیگر صفات تحت مطالعه، بیانگر اثر فوق غالبیت ژن‌ها در کنترل این صفات بود.

REFERENCES

1. Ahmadikhah, A. (2008). Estimation of heritability and heterosis of some agronomics traits and combining ability of rice lines using line × tester method. from www.Ejcp.info. 1 (2), 15-33. (In Farsi)
2. Allahgholipour, M. & Ali, A.J. (2006). Gene action and combining ability for grain yield and its component in rice. *J. Sus. Agric*, 28(3), 39-53.
3. Allahgholipour, M., Rabiei, B., Hosseini, M., Dorosti, H., & Mohammadi, M., (2007). Studies on general and specific combining ability of traits in parental lines for product of hybrid rice. *Journal of Agriculture*, 9 (1), 1-12. (In Farsi)
4. DelaVega, A.J. & Chapman, S.C. (2006). Multivariate analyses to display interactions between environment and general or specific combining ability in hybrid crops. *Crop Sci*, 46, 957-967.
5. Dhaliwal, T. S. (1990). *Combining ability and maternal effects for agronomic and grain characters of rice*. M. Sc. Thesis, 27, 122-128.
6. Fairhurst, T.H. & Dobermann, D. (2002). Rice in the global food supply. *Better Corp Int*., 16, 3-6.
7. Farshadfar, E. (1997). *Application of quantitative genetic in plant breeding*, 1, Tagh bostan published. (In Farsi)
8. Farshadfar, E. (1997). *Methodology of plant breeding*. Tagh bostan published. (In Farsi)
9. Fehr, W. R. (1993). *Principles of cultivar development*. MacMillan Publ. Co. New York, USA, 1, pp. 342.
10. Guyen, N. (1993). Combining ability and heterosis for some physiological traits in rice. *IRRI Note*, 18, 1-7.
11. Hajipour Bagheri, A., Nematzadeh, G., Peyghambari. S. A. & Nourozi, M. (2005). Estimation of combining ability and gene effects of rice cultivars and lines using line × tester analysis. *Iranian Journal of Agricultural Science*, 36 (4) 947-953. (In Farsi)
12. Kemptorn, O. (1957). *An introduction to genetic statistics*. John Wiley and Nordskoy .Inc. London, Champman and Hall, LTD.
13. Kumar, A., Singh, N.N. & Chaudhory, V.K. (2004). Line × Tester analysis for grain yield and related characters in rice. *Madras Agric. J*, 91(4-6), 211-214.
14. Pradhan, S. K., Bose, L.K. & Meher, J. (2006), Studies on gene action and combining ability analysis in Basmati rice. *J. Cent. Eur. Agr*, 7(2), 267-272.
15. Rahimi, M., Rabiei, B., Samizadeh lahiji H. & kafi ghasemi, A. (2008). Evaluation of combining ability in rice cultivars based on second and fourth griffing methods. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 12, 43, 129-142.
16. Singh, R.K. & Chaudhary, B.D. (1977). *Biometrical Methos in Quantitative Genetic Analysis*. Kalyani Pub., New Delhi.
17. Singh, S.P. & Joshi, A.B. (1966). Line × Tester analysis in relation to breeding for yield in linseed. *Indian J. Genet, Plant Breed*, 26, 177-194.
18. Soroush, H.R. & Moumeni. A. (2006). Genetic dissection of some important agronomic characters in rice using Line × Tester analysis. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 10(1), 177-186.
19. Soroush, H.R. & Rabiei, B. (2009). An evaluation of combining ability and gene effect in rice genotypes. *Iranian Journal of Field Crop Science (Iranian Journal of Agricultural Sciences)*, 40(4), 25-33.